



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

"Teoría de colas para reducir el tiempo de espera en el servicio de
encapado de la empresa Innovek S.A.C, Pacasmayo 2023"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Industrial

AUTORA:

Davan Abanto, Melina Yuleysi (orcid.org/0000-0002-2962-9983)

ASESORA:

Ing. Flores Sanchez, Carla Mercy (orcid.org/0000-0003-2331-3571)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

CHEPÉN – PERÚ

2023

Dedicatoria

A mis padres Elizabeth y Arquidez por siempre contar con su apoyo por formarme y educarme para ser la persona que soy hoy en día, cada de mis logros se los dedico a ellos como el presente proyecto ya que parte de mi esfuerzo se los debo a ellos.

También a mis abuelos por sus buenos consejos en valorar el esfuerzo que hacen mis padres por lograr ser una profesional, por sus ganas de verme terminar mi carrera.

Gracias papá y mamá, todo es por ustedes y un beso al cielo abuelitos.

Agradecimiento

A Dios por siempre escucharme en cada paso que he dado en mi vida profesional, a la universidad por ser mi casa de estudios y tener buenas experiencias en todo este tiempo de aprendizaje, gracias también a mi asesora la Ing. Carla Flores Sánchez en este proceso por sus enseñanzas, espera, paciencia y por cada aliento para poder culminar satisfactoriamente este proyecto. También a cada uno de mis docentes que me acompañaron en este camino de la carrera que tanto anhelaba que hoy en día mi investigación formará parte para el desarrollo de nuevas generaciones.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
RESUMEN	vii
ABSTRAC	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	9
3.1. Tipo y diseño de investigación	9
3.2. Variables y operacionalización.....	9
3.3. Población, muestra y muestreo.....	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	11
3.5. Procedimientos	12
3.6. Método de análisis de datos.....	12
3.7. Aspectos éticos	13
IV. RESULTADOS	14
V. DISCUSIÓN.....	29
VI. CONCLUSIONES.....	32
VII. RECOMENDACIONES	33
REFERENCIAS:.....	34

Índice de tablas

Tabla 1. Elementos que tienen efecto en los tiempos de espera	15
Tabla 2. Horas promedio de tiempos de espera para el servicio (Antes)	17
Tabla 3. Tiempo promedio de llegada y de servicio.	18
Tabla 4. Tasa de llegada	19
Tabla 5. Tasa de Servicio	20
Tabla 6. Simulación en el WINQSB para modelo de cola (Actual) M/M/2.....	22
Tabla 7. Simulación en el WINQSB para modelo de cola (alternativo) M/M/4 .	23
Tabla 8. Simulación en el WINQSB para modelo de cola (Elegido) M/M/6.....	24
Tabla 9. Horas promedio de tiempos de espera para el servicio (Después)	25
Tabla 10. Comparación de resultados de los tiempos de espera	26
Tabla 11. Prueba de normalidad	27
Tabla 12. Prueba de t Student	28

Índice de figuras

Figura 1. Diferentes disposiciones de filas de espera	8
Figura 2. Ishikawa	14
Figura 3. Diagrama de Pareto	16
Figura 4. Datos Ingresados al WINQSB con dos servidores	21

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal fue Determinar en qué medida la teoría de colas reduce el tiempo de espera en el servicio de encarpado de la empresa Innovek. Se llevó a cabo el tipo de investigación siendo aplicado con un diseño pre experimental. Se utilizaron técnicas de recolección de datos como la observación y registro de toma de tiempos.

Al ser aplicada la teoría de colas se utilizó el registro de toma de tiempos, el software WINQSB, check list para el diagnóstico inicial. Se tomó como población a todos los usuarios que ingresan a adquirir el sistema y como muestra mediante una formula estadística se considera a 196 usuarios que serán parte de la toma de tiempos. Por último, se concluyó que para lograr brindar una mejora al sistema se logró la posibilidad incrementando el número de servidores de 2 a 6, lográndose reducir el tiempo de espera en cola con 90,78 % y el tiempo de espera en el sistema con un 65,45%.

Palabras Clave: Tiempo de espera, Teoría de Colas, Tiempo de servicio, Utilización del sistema, Simulación.

ABSTRACT

The objective of this research was to apply queuing theory to reduce customer waiting time in the company Innovek SAC. To fulfill this purpose, an experimental type of investigation was carried out and with a pre-experimental design applying a pre-test and post-test, a population equivalent to considering all users who acquire the service was registered and a size was calculated. . sample of 196 users; which were selected in a stratified manner taking into account the average attendance of each day and shift of the week. Among the most relevant results we can mention that, before the application of queuing theory, the company had 2 servers and each user had to wait 0.73 hours on average to be served.

In order to improve the operation of the system, it was initially identified that the arrival times presented an exponential behavior and the service service times a normal distribution. Through the WINQBS software it was determined that the system had a utilization of 91.94%.

Subsequently, using a simulation in WINQSB, the possibility of improving the system was estimated by increasing the number of servers to 6, maintaining an effective utilization of 66.66% and the queue empty during 63.26% of the service time and managing to reduce the number of users. . waiting in line going from 12.99 to 0.56.

Finally, it was concluded that the application of queuing theory managed to reduce the waiting time to 0.07 hours with a reduction of 90.41% for each user of the Innovek company.

I. INTRODUCCIÓN

Desde el enfoque de la historia, la Teoría de colas se originó desde el análisis por la obstrucción del tráfico de red en equipos telefónicos, por lo cual se debía cumplir con el objetivo de la operadora por la escasez de demanda de este servicio. Esta compañía telefónica se realizó un estudio del número exacto de la necesidad de proporcionar un buen servicio mediante los circuitos de red telefónicos. Desde ese entonces se origina la teoría de colas por el ingeniero científico danés, (Agner Erlang, 1909) y se viene aplicando en multitud de problemas empresariales y de la vida cotidiana.

A nivel mundial, se vienen surgiendo contratiempos en la espera de un servicio como también en casos de la vida real, va depender de la demanda de clientes que lleguen a adquirir un servicio; se puede decir cuando los clientes llegan en tiempos impredecibles, por eso depende de las necesidades del cliente; porque también hay cadencia y cambios de producción del servicio. Los expertos en operaciones (Roberto y Daniel, 2015) afirman que existe una inmersión entre los costos relacionados con el servicio que se le ofrece al cliente y la espera que ellos realizan para adquirir ese servicio, por lo que los especialistas esperan que los usuarios no queden insatisfechos con el servicio y abandonen el servicio sin obtener lo que esperaban o ya no regresarían por el disgusto de permanecer mucho tiempo en la fila de espera

Un centro de servicios de asistenciales en Colombia, (Laura Torres, 2020) experimentó saturación de líneas de espera, lo que afectó directamente los indicadores y niveles de servicio, por lo que también no se cumplían con las necesidades y satisfacción hacía sus clientes y poniendo en peligro la estabilidad e imagen de la empresa.

En la actualidad la teoría se viene presentando en sistemas que prácticamente son de nuestra vida diaria, por ejemplo: en el uso de ascensores hacemos una espera, cuando realizamos una compra en un super o en otro establecimiento, o cuando estamos esperando en el paradero de un bus público. Y así es cómo se genera una cola cuando el servicio se encuentra ocupado. Debido a estos problemas por la cual se generan colas es necesario el estudio en cómo se

clasifican, comprenderlas y optimizar para una mayor eficacia en el tiempo de espera del servicio y para reducir costes (Carlos Gagoginer, 2021).

A través del diario “El Peruano”, una de las situaciones concurrentes sucede en los centros de salud públicos, es que existen varias razones por la cual los pacientes sienten una incomodidad al realizar largos tiempos de espera para ser atendidos a una cita, ya que ésta no respeta el horario que ha sido otorgado, se encuentran en espera mucho más tiempo de lo debido. Se comenta que los médicos tienen un horario de trabajo de seis horas diarias de las cuales se dividen en cuatro para atender a clientes y las restantes para otras labores administrativas. Debido a ello los pacientes sacrifican su tiempo para ser atendidos (Esteban Pacheco Aráoz, 2018).

Al norte del país en la región la Libertad, distrito de Pacasmayo existe la empresa Cementos Pacasmayo SAA, lo cual cuenta con un área que se especializa en encarpar los vehículos que contienen bolsas de cemento de 42.5 kg y bolsones de cemento y cal de 1 tonelada que lo transportan hacia diferentes ciudades del país, la empresa es INNOVEK SAC lo cual se busca reducir el tiempo en que los vehículos forman larga cola cuando el servicio se encuentra ocupado por otros clientes esto ocurre cuando hay mayor demanda que provoca colas y a ello produce atrasos en su hora de salida de los choferes ya que se perjudican en la llegada a su destino, como también los trabajadores no realicen bien el servicio ya que estarían apresurados en terminar el trabajo por la presencia de cola.

Debido a la continuidad de la situación, los tiempos de espera seguirán presentándose e incluso aumentando la presencia de cola si no se toma medidas respectivas inclusive llegando a generar mayor insatisfacción. Es por ello que es necesario realizar el estudio para tomar medidas que permitan obtener una influencia positiva en reducir los tiempos de espera. El problema de esta investigación se formuló: ¿Cómo la teoría de colas reduce el tiempo de espera en el servicio de encarpado de la empresa Innovek SAC, Pacasmayo - 2023?

La investigación presenta una justificación teórica por el hecho de que para la solución de la problemática se basará en el uso de fuentes teóricas de ambas variables.

Se justificó metodológicamente a través del diagnóstico de la situación actual, se obtendrán los resultados para describir las conclusiones y recomendaciones correspondientes mediante el análisis del estudio de campo para generar una nueva propuesta del modelo.

Por último, se justifica también de manera práctica porque se realiza con la finalidad de obtener una mejora en el servicio y para el bienestar del cliente; por ende, se buscará disminuir los tiempos de espera mediante la aplicación de estudios de tiempos que desarrollará los objetivos planteados.

Teniendo como objetivo principal de la investigación es determinar en qué medida la teoría de colas reduce el tiempo de espera en el servicio de encarpado de la empresa Innovek SAC - 2023. Para ello, se consigue siguiendo los objetivos específicos, primero será diagnosticar la situación actual y medir los tiempos de espera del servicio de encarpado, segundo objetivo, aplicar el modelo de teoría que corresponda al sistema para el servicio de encarpado; por último, determinar los parámetros de los tiempos de espera después de haber aplicado el plan y comparar resultados.

Como hipótesis de la investigación se plantea lo siguiente: La aplicación de la teoría de colas reducirá el tiempo de espera en el área de servicio de encarpado en la empresa Innovek SAC, Pacasmayo-2023.

II. MARCO TEÓRICO

Recopilando la investigación de trabajos anteriores, se tiene como antecedentes internacionales a Arévalo (2018) en su tesis, tuvo como objetivo general es desarrollar sugerencias de mejora en el Laboratorio IPS Unipsalud 2000 aplicando teoría de colas en la espera del cliente por su atención. Este enfoque se detalló por el método cuantitativo, por el hecho que se implementa teoría de colas y otras herramientas para mejorar las fallas encontradas en esta empresa proveedora de servicios. Tomó como una población infinita y una muestra de 800 usuarios de la entidad con un error probabilístico del 4%. Como resultados se obtuvieron a través de un estudio para medir el grado de satisfacción a través de una encuesta al usuario y en la primera pregunta resultó un 28% mediamente satisfecho, 27% satisfecho y un 18% completamente satisfecho. Como también, se utilizó el software ProModel que permitió evidenciar que con tres puntos de atención el tiempo de demora sería moderada.

En su trabajo de grado Ledesma (2018), planteó como objetivo determinar si el modelo que aplica a las líneas de espera será el adecuado para el sistema de las entradas a la zona de estudio que es un parqueo del centro comercial “Portal del Grado en Barranquilla”. La investigación fue de planteamiento cuantitativo y con tipo experimental. Para alcanzar el objetivo se utilizaron técnicas para coleccionar información como la observación directa de campo y entrevistas. Para ello, se usaron instrumentos para el estudio de tiempo el cronómetro para la medición del mismo y para ejecutar el modelo matemático MMK se obtuvo que plasmar diferentes escenarios en las entradas de los servidores. Los principales resultados fueron que el sistema no debería contar con un solo servidor ya que generaría una extensa cola en horarios de mayor demanda; por ello, en la Cra. 53 se concluye que se puede habilitar máximo 3 servidores para el acceso al patio de estacionamiento. Asimismo, el porcentaje de probabilidad de los clientes sean atendidos inmediatamente es de 91,86% y para esperar en la fila es de 8,14%.

También se encontró algunos antecedentes nacionales como a Malca (2021), basó su investigación en un análisis para la empresa E. P. S. SEDACAJ S. A. Él propuso dar soluciones en el área donde se atienden a los clientes, se aplicó el modelo de teoría de colas para incrementar un nivel conveniente en la satisfacción de los usuarios consumidores ya que presentaba deficiencia en el sistema. Su objetivo fue ejecutar el nuevo modelo de teoría de colas para optimizar el tiempo de espera en la atención de los clientes. Su diseño de investigación fue pre-experimental. Se utilizaron como instrumentos de recolección de datos: Entrevistar al gerente comercial y al personal encargado de atención al cliente, encuesta al usuario (cliente) y observación directa. El principal problema se presentó porque no se abastecen a la capacidad de la demanda. Se concluyó que el modelo propuesto aumentó de 31 a 86 personas de ser atendidas por hora ya que se disminuyó el tiempo de espera con el aumento de 2 ventanillas en el sistema.

Huamán y Sandoval (2017), en base a su investigación menciona la razón por la que los usuarios esperan largos periodos de tiempo en una fila causando pérdidas de tiempo. Tiene como objetivo principal detallar y determinar si la misión propuesta de líneas de espera con respecto a la atención al cliente del Banco BCP es óptima. Se trató de un estudio de investigación transversal tipo aplicada. Su población formó parte de los clientes que realizan diversas transacciones en el banco y como muestra fue con técnica no probabilística siendo de 238 clientes. Se utilizaron instrumentos como: vía observación, TQM Versión 2.2, el SPSS 19 y el Microsoft Excel, finalmente se tuvieron como resultados al análisis de sensibilidad que con tres servidores operativos el 68 % es la capacidad del servicio y un cliente debería esperar un promedio de 1.56 min en la fila o cola y 4.72 min en todo el sistema de ventanillas.

El presente trabajo de investigación Távara (2020), propuso implementar líneas de espera para acortar los tiempos de espera de clientes de la corporación "Guerrero & Bazalar". Su diseño de investigación fue aplicado y de tipo no experimental con propositivo descriptivo, el estudio se realizó tomando en cuenta a 1456 de población y de muestra a 304 clientes, se utilizó de técnica la

observación y como herramienta un formulario con 15 preguntas para identificar el nivel de satisfacción de clientes a lo que la empresa les ofrece. Con las estadísticas obtenidas con la herramienta SPSS 22, el 53.9% de las personas encuestadas consideran que estaban totalmente de acuerdo y el 46.1% estuvo de acuerdo en que los franquiciados deberían tener más servidores para optimizar el servicio donde se ingresan datos a la herramienta de WinQSB para llevar a cabo la simulación, se ingresaron datos como la disciplina de primeros en llegar será primero en salir del sistema, también considerando 40 horas de trabajo en un mes, con un promedio de 291 de capacidad de clientes en la cola, resultado finalmente aumentar 2 servidores más para que haya ese descenso de tiempo que se encuentran en cola.

Las bases teóricas que se utilizan en la investigación se afilian a la teoría de colas y al tiempo de espera de acuerdo a las definiciones de los autores a continuación:

La teoría de las colas (también conocida como la cola) surgió cuando el científico danés A.K. Erlang (1909) realizó un estudio en su lugar de trabajo donde las líneas telefónicas presentaban obstáculos que despertaban el interés de los clientes que esperaban junto al teléfono. López (2018) menciona que las colas son un estudio matemático que cuantifica el tiempo que uno espera a través del estudio en la teoría de colas, expresada en términos de eficiencia, evaluando duración promedio, tiempo medio de espera, media de instalación y la media de instalación.

Por consiguiente, Kendal (1951) fue quien diseñó la notación que es útil para dar con el modelo que caracteriza al sistema de las líneas de espera, donde cada llegada espera en una fila o cola hasta que un servidor esté libre pueda ingresar al sistema para ser atendido y así sucesivamente. Éste determinó la manera en cómo clasificar diferentes tipos de modelos de líneas de espera que existen dando simbología a estas letras M/M/S, por tanto: La primera "M" que es de tipo Markoviana por lo que los clientes llegan probabilísticamente y se usa la llamada Poisson, la segunda "M" muestra la distribución de los tiempos de servicios y "S" es el número de cuántos servidores cuenta el servicio.

Entonces, como nos dice en el artículo de Arroyo, Bravo y otros (2014) en el llamado distribución de Poisson se le conoce como una probabilidad nombrado así por honor a Simeón Denis Poisson en el siglo XIX, se dice que a partir probabilidades infinitas es una distribución numerable que expresa con una frecuencia de ocurrencia media y que dada una probabilidad que ocurra una cantidad de eventos dentro de un intervalo de tiempo o dentro de un área específica.

Se suele utilizar para representar las características básicas del sistema las tasas de llegada, representado por " λ " lo cual significa Tasa media de llegada de los clientes al sistema y " μ " que es la tasa media del servicio de clientes en el sistema, ambos se deben pasar a unidades/hora, tomando en cuenta que " $\mu > \lambda$ " Velásquez (2018).

La capacidad de la cola significa el tope máximo en la que clientes pueden estar estando en cola a la espera de ser atendidos. En la capacidad también se puede identificar si es finito o infinito. Si bien sabemos que en la mayoría de empresas de servicios su capacidad es limitada por el espacio que tiene su entorno la cual hace imposible que sea infinito por el espacio reducido de la mayoría de servicios, se asume que una cola es infinita. La cola se forma cuando los servidores están ocupados por otros usuarios hasta alcanzar el máximo números de clientes a la espera de ser atendidos (Gómez, 2008).

Posteriormente, la población de clientes se representa en ocasiones donde existe un sistema de atención hacia un servicio o en la compra de bienes. Por lo tanto, el sistema se llega a colapsar o se va a ver afectado por la cantidad de usuarios que se ubican en espera, posteriormente se hace llamar poblaciones finitas e infinitas a una cantidad de números de clientes que llegan a pedir el servicio, pero la cantidad no afectaría la tasa de nuevos clientes. Por otra parte, Carro y Gonzales (2012) mencionan sobre el diseño de las filas que pueden ser teniendo varios servidores, pero con una sola fila y lo otro es teniendo también varios servidores, pero con filas múltiples y aquello da una visualización a los usuarios una sensación de igualdad como lo podemos observar en la siguiente figura.

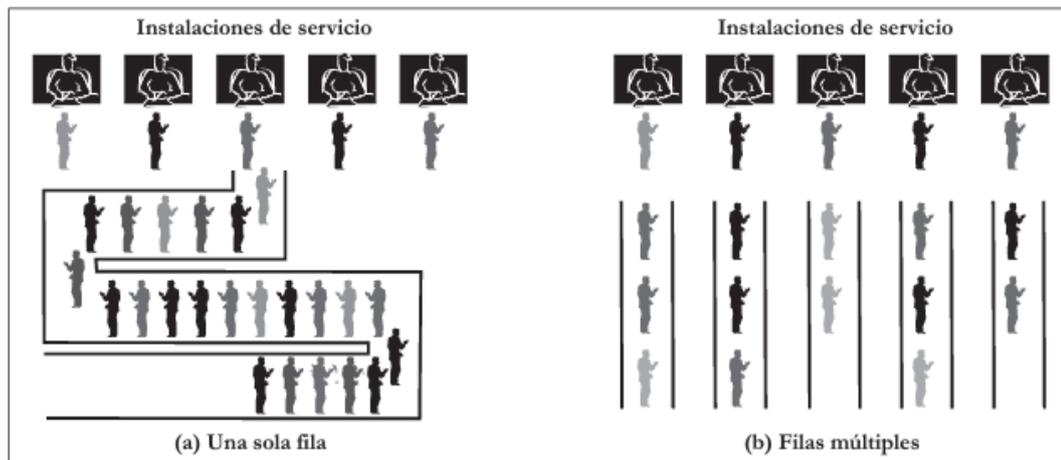


Figura 1. Diferentes disposiciones de filas de espera (Carro y Gonzales 2012).

Los tiempos de espera se vienen estudiando desde el siglo XX por la investigación operativa de teoría de colas o como antes dicho también es llamado como líneas de espera. Dependiendo las colas o filas es el tiempo en que el cliente va a esperar, si en todo caso los clientes llegan de manera regular al sistema no habría colas nadie tiene que esperar porque el tiempo de servicio es constante (García, 2020).

Organizar las filas de espera es uno de los caminos para reducir el flujo de clientes que llegan a un sistema de servicios, se puede agrupar los modelos de organización de las filas, pero no siempre es así puede que el servicio tenga una fila y con varios servidores lo cual lleva a contratar más empleados para que acelere el proceso del servicio. También es importante resaltar que es una espera hay disciplinas ya que es el modelo en cómo van avanzando los clientes desde su llegada hasta pasar al servicio en el sistema, para ello se consideran cuatro modalidades: PEPS, UEPS, Aleatorio y Prioridad, Llanos (2014)

Por otro lado, se sabe que, para todo proceso de cierta complejidad, los tiempos de espera son significativamente mayores que el tiempo para realizar las actividades de servicio; A menudo, estos tiempos de inactividad representan más del 80 % del tiempo total del proceso. A veces puede llegar al 90% o más. Además, este fenómeno está estrechamente relacionado con el nivel de utilización del sistema de producción: cuanto mayor es la utilización, mayor es

el tiempo de espera, y el tiempo de espera aumenta de forma no lineal con cada aumento unitario en la utilización.

La relación del personal de un servicio con el tiempo de espera, se menciona que entre más personal tenga el servicio, menos será que los clientes esperen en una cola para que llegue su turno. Es decir, para una demanda constante, el tiempo promedio de atención es igual conforme más tiempo el cliente va a esperar será igual al contrato de más personal (Llanos 2014).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Esta investigación es de tipo aplicada, ya que requirió la aplicación de teorías y conocimientos de diferentes autores, con el fin de reducir el tiempo que esperan los usuarios en el área de atención en la empresa que se investiga. Por lo tanto, el diseño de la investigación será preexperimental en el que se incluirá en el estudio una pequeña muestra de usuarios porque quieren probar si el estudio realmente tendrá un efecto (Stanley & Campbell, 1995).

3.2. Variables y operacionalización

Como variables de investigación de este trabajo consisten en la variable independiente la cual es teoría de colas y la variable dependiente tiempo de espera.

3.2.1. Variable Independiente: Teoría de colas

- **Definición conceptual:** La teoría de las colas se conoce como un estudio matemático por el comportamiento de espera del cliente cuando existe la necesidad de un servicio. Una cola se forma cuando el servicio no es rápido por servidores que se encuentran ocupados, formando así que algunos clientes abandonen la espera (Ludeña, 2021).

- **Definición operacional:** Se ocupa principalmente en las medidas de rendimiento o desempeño de la cola, la cual son: Posibilidad de que el sistema se encuentre vacío, promedio de utilización del sistema, promedio de clientes en se encuentran en el sistema, promedio de clientes que se encuentran en cola (Lagos, Mancilla, & Leal, 2019).
- **Indicadores:** Posibilidad de que el sistema se encuentre vacío (P_0), promedio de utilización del sistema (P), promedio de clientes en se encuentran en el sistema (L), promedio de clientes que se encuentran en cola (L_q)
- **Escala:** De razón

3.2.2. Variable Dependiente: Tiempo de espera

- **Definición conceptual:** El tiempo de espera está relacionado con la programación o atención al cliente en el sistema de servicio. Tiene un índice principal, que es el tiempo correcto calculado según la teoría de colas (Baten, 2014).
- **Definición operacional:** Se han utilizado para el análisis en un sistema de servicio, determinando el tiempo promedio de clientes que están en cola y el tiempo de los clientes que acontecen en el sistema. (Carro y Gonzales, 2012)
- **Indicadores:** Promedio del tiempo que esperan en la cola (W_q) y el promedio que esperan en el sistema (W).
- **Escala:** De razón

3.3. Población, muestra y muestreo

La población constituye a todos los usuarios que entran al sistema a adquirir el servicio de encarpado en la empresa Innovek S.A.C.

La muestra por ser una población infinita, tenemos:

Fórmula:

$$N = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{E^2}$$

N: Tamaño de muestra buscado

E: error máximo = 7%= 0.07

Z: Porcentaje de confianza = 95% = 1.96

p: Posibilidad de que ocurra el evento estudiado = 50% = 0.5

q: (1 – p) La posibilidad de que no ocurra el suceso estudiado = 50% = 0.5

Reemplazamos:

$$N = \frac{(1.96)^2 * 0.5 * 0.5}{0.07^2} = 196 \text{ usuarios}$$

Teniendo como resultado una muestra de 196 usuarios y por ello el muestreo es probabilístico por el uso de fórmula estadística.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Teniendo en cuenta que las técnicas utilizadas el estudio de tiempos fueron la observación directa y el análisis de datos, como instrumento de recolección de datos se emplearon, Check List Software WINQSB y registro de tiempos (Ver anexo 3).

3.5. Procedimientos

Para iniciar este trabajo se tuvo que dirigir al gerente general de la empresa para poder tener el permiso del ingreso a su organización y acceder a la información requerida.

Comenzamos analizando la empresa, mediante una herramienta de diagnóstico identificando los problemas clave que estaban surgiendo dentro de la organización y determinando los hallazgos a través de un Check List a para tener un total de frecuencia en el diagrama de Pareto.

La información recopilada se utiliza para realizar diversas mejoras en el servicio para reducir los tiempos de espera de los clientes que permanecen en el sistema. De acuerdo con nuestro objetivo, en primer lugar, recopilamos datos del tiempo de espera de los usuarios en la situación actual del servicio de encarpado para obtener los valores del tiempo promedio de espera total.

Luego, para el siguiente objetivo específico se recopilaron datos la tasa de llegadas y la tasa de servicio para obtener mis resultados de λ y μ para comenzar con la simulación de teoría de colas y generar resultados.

Finalmente, en el tercer objetivo habiendo encontrado los resultados de poder reducir el tiempo que espera en cola y el tiempo que espera en el sistema en los usuarios que ingresan al servicio de encarpado, se comparan la diferencia de resultados finales.

3.6. Método de análisis de datos

En este caso para el análisis de datos se hará uso de la estadística descriptiva quiere decir que en las variables se calculan medidas simples de composición y distribución dependiendo el tipo de datos que pueden ser promedios, tasas, proporciones o razones (Albán, 2020). Además, la información se analizará en Excel 2019 y para el análisis de la información mediante el software WinQSB2.0 una herramienta que sirve para tomar decisiones y resolver problemas de campo para un investigador la cual se hace confiable en sus resultados (Rojas y Alfonso, 2009). También será inferencial por lo que mediante la prueba paramétrica o no paramétrica dependerán del resultado de normalidad para la prueba de hipótesis utilizando el programa SPSS.

3.7. Aspectos éticos

En todo estudio de investigación de autores investigacddores, los aspectos éticos toman un rol importante en todo el proceso que consiste en la revisión de fundamentos del investigador, tomando en cuenta la integridad de la persona al recopilar información (Álvarez, 2018). Por lo tanto, esta investigación es elaborado con respecto a teorías de autores que se mencionan donde posteriormente son correctamente citados. También, se respeta la estructura o guía que es brindada por la universidad, del mismo modo cumple con el permiso del creador de la empresa en donde se realiza la investigación con el compromiso de resultados eficientes y confiables. Lo mencionado servirá para futuras investigaciones de nuevas generaciones.

IV. RESULTADOS

Diagnóstico y medición del tiempo de espera actual del servicio

El análisis que se realizó al llegar a la empresa de forma diagnóstica, primero se identifican los principales problemas para analizar la situación y se obtuvieron las principales causas como poco personal, presión de trabajo, desorden en el patio de estacionamiento, la cantidad de usuarios, entre otras. Luego, mediante un Check List se ha recopilado datos relevantes y por cada categoría se ha calculado la frecuencia de cada causa todo aquello se estarán visualizando en el diagrama de Pareto.

Diagrama Ishikawa

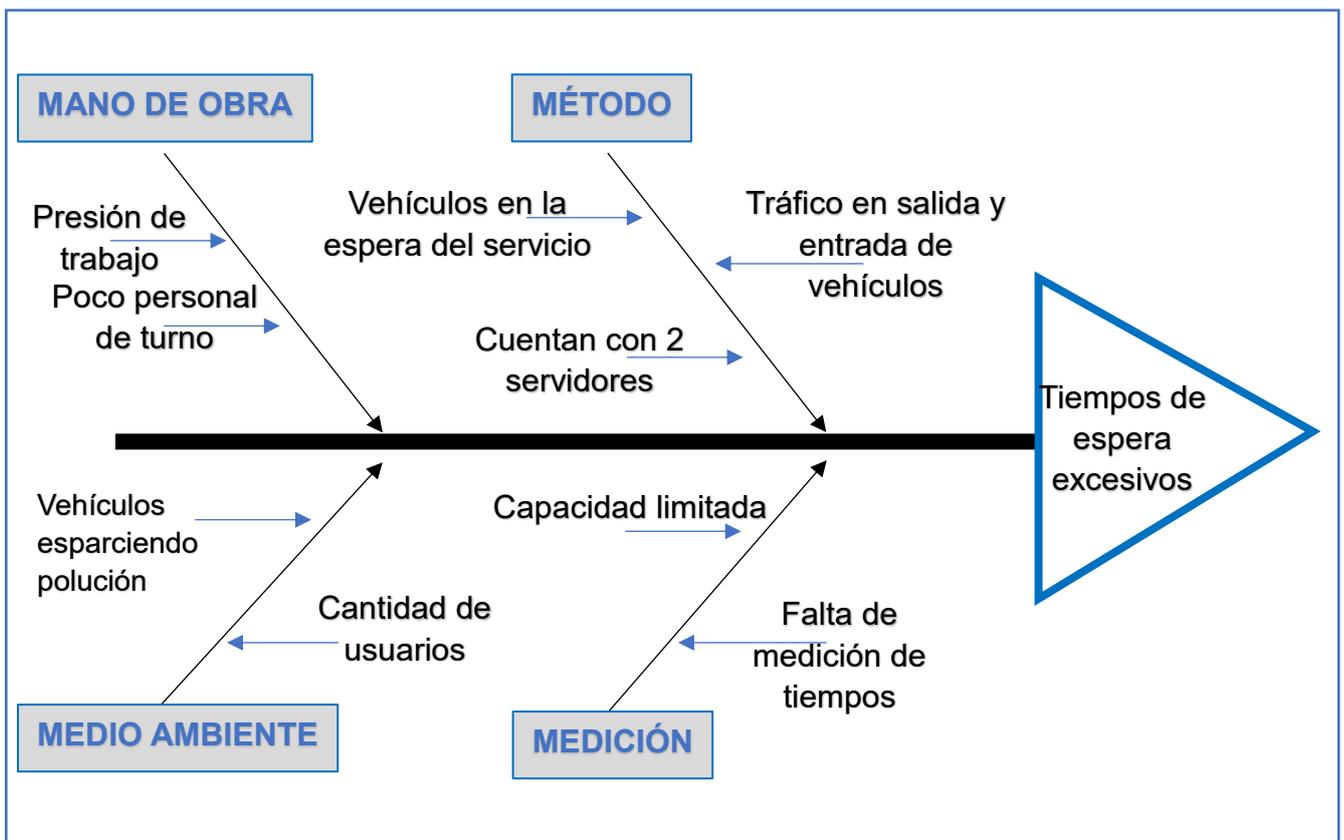


Figura 2. Ishikawa

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 1. Elementos que tienen efecto en los tiempos de espera

CAUSAS	Frecuencia	%	%Acumulado
Vehículos en la espera del servicio	90	26%	26%
Poco personal de turno	65	19%	45%
Falta de medición de tiempos	50	14%	59%
Cuentan con dos servidores	45	13%	72%
Capacidad limitada	35	10%	83%
Tráfico en salida y entrada de vehículos	30	9%	91%
Vehículos esparciendo polución	20	6%	97%
Presión de trabajo	10	3%	100%
Total	345	100%	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anterior se deduce que las causas que más afectan a la empresa con respecto al servicio de encapado los vehículos en la espera del servicio de encarpado, poco personal de turno, falta de medición de tiempos, cuentan con dos servidores, capacidad limitada y tráfico en salida y entrada de vehículos.

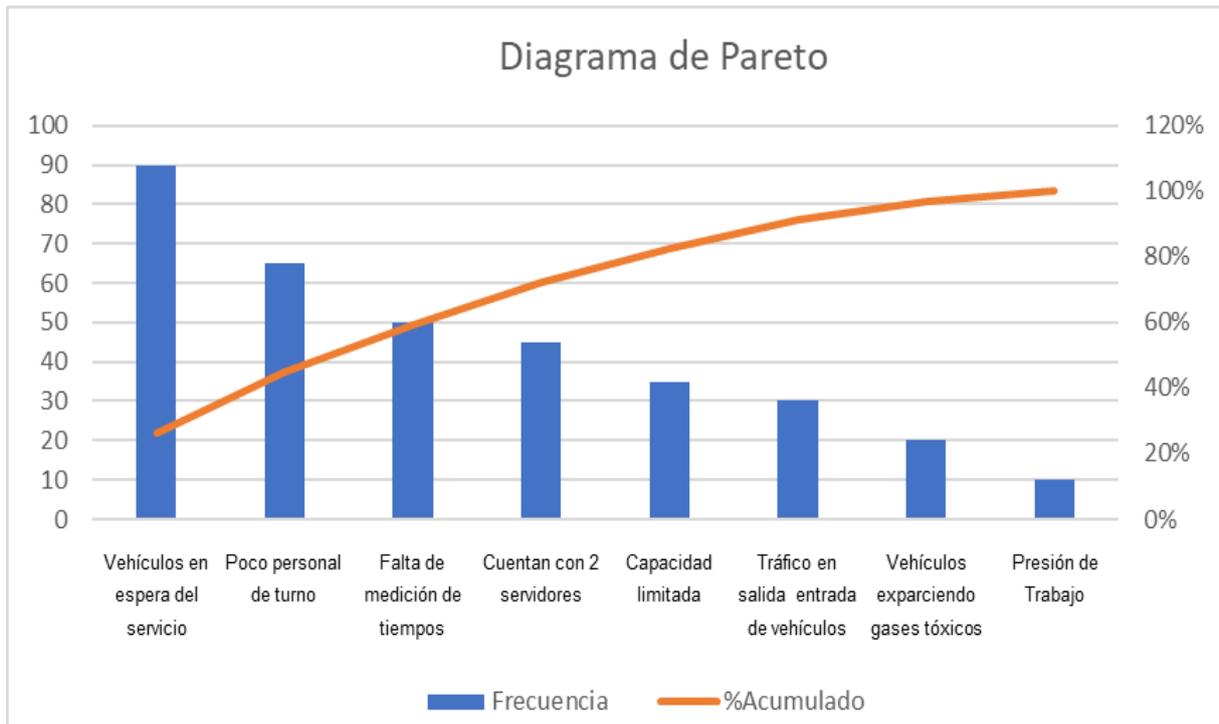


Figura 3. Diagrama de Pareto

Se presenta visualmente las causas y su frecuencia, dando como resultado la categoría más importante se observa en el extremo izquierdo y las demás categorías siguen en orden descendente de acuerdo a su valoración presentada en la tabla anterior.

Medición de los tiempos de espera de la situación inicial de los usuarios en InnovekSAC.

Tabla 2. Horas promedio de tiempos de espera en cola (Antes)

Día	Turno			Promedio hora/ usuario
	Diurno (7 am a 1 pm)	Vespertino (2 pm a 6 pm)	Nocturno (7pm a 10 pm)	
07/08/2023	0,58	0,56	0,75	
08/08/2023	0,55	0,60	0,68	
09/08/2023	0,44	0,40	1,5	0,76
10/08/2023	0,70	0,75	1,40	
11/08/2023	0,62	1,2	1,28	
12/08/2023	0,30	0,96	0,45	

Fuente: Elaboración propia

En lo observado de la tabla 2 tenemos de acuerdo a la toma de datos del comportamiento del sistema actual de la empresa (Ver anexo 9). Los tiempos de espera promedio siendo dividido por días y por turnos. Se observa el promedio total de la espera siendo 0,76 horas por usuario es el tiempo que demora un usuario a la espera de ser atendido al servicio; registrándose también el máximo de 1,5 horas/usuario y el mínimo de 0,30 hora/usuario. Por lo tanto, viéndose calculados con afiliación al diagrama de Ishikawa con las causas del problema, indicaban que el tiempo de espera de los usuarios son tiempos excesivos lo que resultaba una situación crítica para la empresa.

Aplicar el Modelo de Teoría de Colas para el servicio de encarpado en la empresa

Mediante el estudio para la determinación de los tiempos entre llegada se comprobó que la medición de llegada de un usuario a otro para cada turno es semejante, la cual hace realizar un modelo para todos los turnos; ver Anexo 4.

El servicio tiene un comportamiento de modelo M/M/S, la cual "S" es el número de servidores que tiene el servicio. Por lo tanto, es modelo M/M/2 que compete al tiempo promedio de llegadas (λ) y al tiempo promedio de servicio (μ).

Para tener los valores de lambda (λ) y miu (μ). Se tienen los siguientes tiempos, tomados del Anexo N°4.

Tabla 3. *Tiempo promedio de llegada y de servicio.*

Día	14/08/23	15/08/23	16/08/23	17/08/23	18/08/23	Total (Hrs)
<i>Tiempo promedio de llegada (hrs)</i>	0,12	0,16	0,13	0,08	0,16	0,13
<i>Tiempo promedio de servicio (hrs)</i>	0,38	0,43	0,40	0,38	0,43	0,41

Fuente: Elaboración propia

Con los datos observados en la tabla tenemos un total de tiempo promedio de llegadas de 0,13 horas/usuario. Y el tiempo promedio de servicio considerado desde que inicia el servicio hasta que finaliza siendo un promedio de 0,41 horas/usuario.

Teniendo el promedio de tiempo entre llegada, calculamos la tasa de llegada la cual se representa con " λ ", aquellos datos nos ayudan a obtener la cantidad de usuarios que llegan por cada hora transcurrida.

Tabla 4. Tasa de llegada

Ítem	Lambda	Usuario/Hora
Tasa de llegada	1/promedio de llegada	7,69

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la tabla 4 que la tasa de llegada es de 7,69 usuarios/hora, la cual quiere decir que un promedio de 8 usuarios llega por hora a adquirir el servicio de encarpado.

De acuerdo a la tasa de servicio, quiere decir cuánto es la cantidad promedio de usuarios que se atienden en el servicio de encarpado en el transcurso de una hora, se observa en la siguiente tabla:

Tabla 5. Tasa de Servicio

Ítem	Miu	Usuario/hora
Tasa de servicio	1/promedio de servicio	2,43

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene la tasa de promedio de servicio es de 2,43 usuarios por cada hora transcurrida, quiere decir que por cada hora son atendidos 2 usuarios en el servicio de encarpado.

Aplicando la simulación en el modelo actual M/M/2 en Innovek S.A.C se tienen los siguientes resultados, Utilizando el software WINQSB.

Se ingresan los datos al software que se necesitan, lo primero el número de servidores que tiene el sistema, luego la tasa promedio de servicio (μ) que observamos en la tabla 5, la tasa promedio de llegada (λ) observado en la tabla 4.

Data Description	ENTRY
Number of servers	2
Service rate (per server per hour)	2
Customer arrival rate (per hour)	8
Queue capacity (maximum waiting space)	M
Customer population	M
Busy server cost per hour	
Idle server cost per hour	
Customer waiting cost per hour	
Customer being served cost per hour	
Cost of customer being balked	
Unit queue capacity cost	

Figura 4. Datos Ingresados al WINQSB con dos servidores

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Simulación en el WINQSB para modelo de cola (Antes) M/M/2

Indicadores del sistema de Colas (Actual)	Valores
Utilización del sistema	91,24 %
Arribo de clientes por cada hora transcurrida	8
Promedio de clientes en el sistema por hora (L)	14,82
Promedio de clientes en la cola (Lq)	12,99
Probabilidad de que todos los servidores estén inactivos	5%
La posibilidad de que un cliente llegue al servicio y encuentre el sistema ocupado	88,31%

Fuente: Elaboración propia

Resultados del modelo de teoría de colas con el servicio actual del servicio de encarpado en la empresa. Se observa en la tabla 6 mediante el modelo M/M/2, que el servicio de la empresa tiene factor de utilización de 91,24% de tráfico en el sistema, el cual recibía a 8 usuarios por hora. También se puede analizar que existía un promedio de 12,99 usuarios en cola a la espera de ser atendidos y por lo tanto esperan un promedio de 1,65 horas. Nos indicó también que la probabilidad de que cuando un usuario llega y encuentre los servidores ocupados es de 88,31%.

Aumento de servidores, en modelo de colas (M/M/4)

Tabla 7. Simulación en el WINQSB para modelo de cola posible (M/M4)

Indicadores del sistema de Colas con (M/M/4)	Valores
Utilización del sistema	84,66%
Arribo de clientes por hora	8,87
Promedio de clientes en el sistema o tráfico (L)	10,81
Promedio de clientes que se encuentran en cola (Lq)	7,42
Probabilidad de que todos los servidores estén inactivos	5%
Promedio del tiempo que el cliente pasa en el sistema (W)	1,06
Promedio del tiempo que el cliente pasa en cola (Wq)	0,60
La posibilidad de que un usuario llegue y encuentre a los servidores ocupados.	75,58%

Fuente: Elaboración propia

Resultados del modelo de teoría de colas con el servicio actual del servicio de encarpado en la empresa. Se observa en la tabla 7 mediante el modelo M/M/4, que el servicio de la empresa tiene factor de utilización de 84,66% de tráfico en el sistema, el cual recibía a 8,87 usuarios por hora. Se analiza que existe un promedio de 7,47 usuarios en cola a la espera de ser atendidos y cerca de 10,81 usuarios en el sistema. Por lo tanto, esperan un promedio de 0,60 horas en cola. Nos indicó también que la probabilidad de que cuando un usuario llega y encuentre los servidores ocupados es de 75,58%.

Aumento de servidores, en modelo de colas (M/M/6)

Tabla 8. Simulación en el WINQSB para modelo de cola (elegido) M/M/6

Indicadores del sistema de Colas con (M/M/6)	Valores
Utilización del sistema	66,66%
Arribo de clientes por hora	8,00
Promedio de clientes en el sistema o tráfico (L)	4,56
Promedio de clientes que se encuentran en cola (Lq)	0,56
Probabilidad de que todos los servidores estén inactivos	1,66%
Promedio del tiempo que el cliente se encuentra en el sistema (W)	0,57
Tiempo promedio que el cliente pasa en cola (Wq)	0,07
Promedio del tiempo en que el cliente pasa en cola esperando (Wq)	28,47%

Fuente: Elaboración Propia

Resultados del modelo de teoría de colas del servicio de encarpado en la empresa. Se observa en la tabla 8 mediante el modelo M/M/6, que el servicio de la empresa tiene factor de utilización de 66,66% quiere decir el nivel de tráfico en el sistema, el cual recibía a 8 usuarios por hora. Se analiza que existe un promedio de 0,56 usuarios en cola a la espera de ser atendidos y cerca de 4,56 usuarios en el sistema. Por lo tanto, esperan un promedio de 0,07 horas en cola. Nos indicó también que la probabilidad de que cuando un usuario llega y encuentre los servidores ocupados es de 28,47%.

Determinar los parámetros de los tiempos de espera después de haber aplicado el plan y comparar resultados.

Tabla 9. Horas promedio de tiempos de espera en cola (Después)

Día	Turno			Promedio hora/ usuario
	Diurno (A)	Vespertino (B)	Nocturno (C)	
02/10/2023	0,08	0,04	0,05	
03/10/2023	0,05	0,06	0,07	
04/10/2023	0,11	0,08	0,09	0,07
05/10/2023	0,07	0,04	0,08	
06/10/2023	0,06	0,05	0,10	
07/10/2023	0,10	0,04	0,08	

Fuente: Elaboración propia

En lo observado de la tabla 9 tenemos de acuerdo a la toma de datos del comportamiento del sistema después de haber implementado el sistema de colas en la empresa. Los tiempos de espera promedio sigue dividido por días y por turnos. Se observa el promedio total de la espera siendo 0,07 horas por usuario es el tiempo que demora un usuario a la espera de ser atendido al servicio; registrándose también el máximo de 0,11 horas/usuario y el mínimo de 0,04 hora/usuario.

Tabla 10. Comparación de resultados de los tiempos de espera

Modelo del sistema	Tiempos de espera en cola (Wq)	% de Reducción	Tiempos de espera en el sistema (W)	% de Reducción
M/M/2 (Antes)	0,76	-	1,65	-
M/M/4	0,60	21,05%	1,06	35,75%
M/M/6 (Seleccionado)	0,07	90,78%	0,57	65,45%

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la tabla los parámetros de los tiempos de espera en comparación a los nuevos modelos de líneas de espera en el sistema de 4 servidores hay una disminución de tiempos de espera en cola se tiene 0,60 horas con una reducción del 21,05% y 1,06 de espera en el sistema con 35,75% de reducción. Para 6 servidores a comparación de 2 la disminución de los tiempos de espera en cola es de 0,07 horas con una reducción del 90,78% y la espera en el sistema es de 0,57 con una reducción del 65,45%. Por lo tanto, sería la cantidad óptima para un buen manejo del sistema en la empresa de servicio de encarpado Innovek S.A.C.

Prueba de Hipótesis

Prueba de Normalidad

H0: Los tiempos de espera del servicio de encarpado continúa una distribución normal.

H1: Los tiempos de espera del servicio de encarpado no presentan una distribución normal.

Tabla 11. Prueba de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estadístico	gl	Sig.
tiempodeespera	,184	196	,200

Se observa en la tabla anterior que al tener datos mayores a 50, se selecciona la prueba de normalidad elegida por Kolmogórov-Smirnov. El nivel de significancia es de 0,200 es decir es mayor a 0,05 por los tiempos de espera siguen una distribución normal.

Interpretación de prueba de Hipótesis:

H0: La aplicación de la teoría de colas no reduce el tiempo de espera en el área de servicio de encarpado de la empresa Innovek S.A.C, Pacasmayo 2023.

H1: La aplicación de la teoría de colas reducirá el tiempo de espera en el área de servicio de encarpado en la empresa Innovek SAC, Pacasmayo-2023.

Tabla 12. Prueba de t Student

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas			95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	Inferior	Superior			
Par 1	Pre – Post Test	3472,6	1816,73440	868,81254	2322,02223	6314,35555	3,489	196	,000

Fuente: SPSS

Se observa en la tabla anterior que el nivel de significancia obtenido mediante la prueba t Student es resultado dio de 0,00. Por lo tanto, se afirma que la aplicación de la teoría de colas reducirá el tiempo de espera en el área de servicio de encarpado en la empresa Innovek SAC, Pacasmayo-2023.

V. DISCUSIÓN

Después de obtener todos los resultados, comparamos mediante las investigaciones de otros autores los resultados obtenidos por el registro de toma de tiempos en el área del proceso en atención a los usuarios en adquirir el encarpado en la empresa de estudio

Para el primer objetivo se realizó un diagnóstico actual, comprobando problemas comunes que amenazan al sistema para su buena atención al usuario. Innovek S.A.C resultó que el tiempo promedio en la que un cliente espera en cola de 0,82 horas por usuario en el sistema. Según Benites y Virhuez (2019). En su estudio “En la torre principal de la UPL se implementa un modelo de teoría de colas para el servicio del ascensor” La teoría de las colas reduce el tiempo de ciclo del ascensor de la torre principal de la Universidad Privada de Lima, Lima 2019” a través del diagnóstico, las razones del tiempo de espera en la fila son las siguientes: retraso en el ingreso en lugar de esperar en la cola al sentarse admisión, muchas paradas, poca capacidad, muchos cursos al mismo tiempo, muchos usuarios, largo tiempo de atraque y largo tiempo de respuesta; Utilizando el diagrama de Pareto para el análisis, se descubrió que las razones principales del tiempo de espera en la cola son una gran cantidad de paradas, un tiempo de ciclo prolongado y un tiempo de acoplamiento elevado. Tras las mejoras, el 76,3% de los principales problemas pueden resolverse.

Para el segundo objetivo, la simulación del modelo de comportamiento del sistema actual en el servicio de fachada “Innovek” se realiza como un modelo M/M/2. Se analizaron los datos de las hojas de tiempo de 196 usuarios en el día (07/07). 08/2023 al 12/08/2023), resultando en el modelo actual M/M/2, resultando en (λ) una tasa de llegada de 10 clientes/hora, (μ) una tasa de servicio de 2.61 clientes/hora, usando 4 unidades El sistema de colas de servidores para el servicio de paquetería redujo el tiempo de espera de 0,60 horas a 0,07 horas, un promedio de

0,53 horas, una reducción de 31,8 minutos. Basado en el sistema de cola de 6 servidores, se reduce el tiempo de espera. En comparación con 2 servidores, el tiempo de espera (W_q) de 5 servidores se reduce de 1,04 h a 0,39 h., o 0,65 h. Total 39 minutos La reducción del tiempo de espera supone una reducción del 90,41% del tiempo de servicio, que es la reducción ideal del tiempo de espera.

Según Távara en (2020), su artículo propuestas teóricas de colas para reducir los tiempos de espera de clientes en Corporación Guerrero & Bazalar, Talara 2019 toma en cuenta la historia misma del modelo de servidor actual (M/M) de ERPUS. /4) Para la evaluación de febrero realizada del 10 al 14 de febrero de 2020, con un promedio de llegadas de 30 clientes/hora y la tasa de de atención de 10 clientes/hora, ese análisis pudo analizar las simulaciones. Se encontró que, en comparación con el valor actual de usar 4 servidores en el sistema de colas en el sector de catering usando M/M/6 servidores, el tiempo de espera W_q se reduce a 0,0033 h o 0,1980 min, totalizando 3,18 minutos. 6- Sistema de colas de servidores, reducido un 50% respecto al año pasado.

Para el objetivo final se comparan los resultados de los modelos de colas para los servicios de cobertura de Innovek SAC. Utilizando el modelo M/M/6, la utilización promedio del sistema (ρ), que representa el porcentaje del tráfico del sistema, es del 66,6%. El número promedio de clientes (L) en el sistema es 3,98. (L_q) es el número promedio de clientes en la cola, que es 0,65. También deducimos que la probabilidad (P_0) de que el sistema esté vacío es del 3,17%. El tiempo promedio de espera en la fila (W_q) es de 0,06 horas y el tiempo promedio de espera en el sistema (W) es de 0,39 horas.

Con la investigación de Cueva (2018) Líneas de espera para reducir tiempos en la espera de los clientes en LIMA7BARBERSHOP, se logró se logró determinar que el sistema tenía una utilización del 82.39% y se presentaba una probabilidad del 55.3% de encontrar el local ocupado. Posteriormente, utilizando una simulación en Promodel, se estimó la posibilidad de mejorar el sistema incrementando el número de barberos a 7, manteniendo una utilización efectiva del 65.85% y la cola vacía durante el 63.26% del tiempo de atención. Finalmente, se concluyó que la aplicación de la teoría de colas logró reducir el tiempo de espera a 0.07 horas por cada cliente de la empresa.

Decimos también en su trabajo de Ledesma (2018) se planteó como objetivo en su artículo determinar si el modelo aplicado a las colas es adecuado para el sistema de ingreso de la zona de estudio (estacionamiento del centro comercial Portal del Grado en). Barranquilla. "La investigación es cuantitativa y experimental. Para lograr este objetivo se utilizaron técnicas de recolección de información como observaciones directas de campo y entrevistas. Para ello se utilizaron instrumentos para estudiar el tiempo, relojes astronómicos para medir el tiempo y modelos matemáticos MMK, capturando diversos escenarios en la entrada del servidor, la principal conclusión es que el sistema no debe tener un solo servidor, ya que creará una gran cola durante los picos de demanda, por lo que en el ítem 53 se concluyó que hasta 3 servidores pueden estar y acceder al estacionamiento. Asimismo, los clientes tienen un 91,86% de posibilidades de ser atendidos inmediatamente y un 8,14% de posibilidades de hacer cola.

VI. CONCLUSIONES

La aplicación de la Teoría de Colas logró reducir los tiempos de espera en cola con 90,78 % y el tiempo de espera en el sistema con un 65,45%.

Por otro lado, se determinó que los tiempos de espera iniciales tenían una duración promedio de 0,76 horas y después de implementar el nuevo modelo de Teoría de Colas se tuvo un promedio de 0,07 horas.

Al aplicar el modelo alternativo M/M/4 se tuvo un total de 84,66% del tráfico en el sistema y un tiempo de espera en el sistema de 1,14 horas y la probabilidad de que se encuentren servidores ocupados es de 75,58%. Luego de la aplicación del modelo M/M/6 se llegaron a reducir a un 66,66% del factor de utilización con mínimo tiempo de espera en el en cola de 0,57 horas y la probabilidad de que un usuario encuentre servidores ocupados es de 28,47% siendo el más eficiente para optimizar el proceso de atención.

VII. RECOMENDACIONES

Continuar con las investigaciones sobre el control de tiempos para un sistema de servicio para seguir brindando mejoras tanto como para la empresa y para el usuario/cliente.

Se recomienda el incremento de personal cuando el servicio lo amerita, aquellas empresas se evitan de costos por pagos, pero no se dan cuenta en las pérdidas que tienen con un sistema de operaciones mal manejado.

Debería de crearse un panel de control para el manejo más práctico en registrar cada vehículo o usuario que ingresa a obtener el servicio y así facilitar a investigadores de nuevas generaciones.

REFERENCIAS:

AGNER K ERLANG (1909) Origen de la Teoría de Colas. Teoria de colas INV. Eutiquianismo, Moran, Quispe L y Quispe M. 2016.1. GAGOGINER, Carlos (2021). La importancia de la teoría de colas en cualquier tipo de establecimiento. Post Logística de aprovisionamiento y distribución. Recuperado de: <https://logisticamuialpcsupv.wordpress.com/2021/04/10/laimportancia-de-la-teoria-de-colas-en-cualquier-tipo-de-establecimiento/>

CUEVA, Deysi (2018). Aplicación de la teoría de colas para reducir el tiempo de espera de los clientes en la empresa LIMA7BARBERSHOP, Chimbote 2018. Recuperado de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27825>

ALVAREZ, Pedro (2018). Ética e Investigación. Ethics and Research Pr. Facultad de Derecho. USC. Vol 7. ISSN: 2266-1536.

ARISTA ARÉVALO, Jhoneel, Aplicación de la teoría de colas al problema de atención al cliente para la optimización del número cajeros en ventanillas en la organización “BCP”, 2016.

ARROYO, Indira; BRAVO, Luis; et al. Artículo de literatura “Poisson and Gamma Distributions: A Discrete and Continuous Relationship”, 2014, vol. 12, No. 1, 99-107pp.

CARRO, Roberto; GONZALEZ, Daniel (2012). “Modelos de líneas de espera”. P.16 Recuperado de: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1622/1/17_modelos_lineas_espera.pdf

CAMPBELL, D & STANLEY, J. (1995). Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social. Industria Argentina. ISBN: 950-518-042-X. Recuperado en:

<https://knowledgesociety.usal.es/sites/default/files/campbell-stanley-disec3b1os-experimentales-y-cuasiexperimentales-en-la-investigacic3b3n-social.pdf>

FLORES, Carlos; LINARES, Carolina & BONILLA, Juan (2009). Teoría de colas y su aplicación al sistema bancario. Para optar el grado de Licenciado en estadística.

GARCIA, SABATER, JOSE P. (2020) “La Gestión de los Tiempos de Espera” Nota Técnica RIUNET Repositorio UPV. Recuperado en: <http://hdl.handle.net/10251/137896>

GARCÍA GUEVARA, Augusto C. y Alcázar Murcia Luis F. “Modelación de línea de espera para el centro integral de atención al cliente norte, de EPM- Bogotá S.A. ESP”.

GÓMEZ, Fredy. Aplicación de teoría de colas en una entidad financiera: herramienta para el mejoramiento de los procesos de atención al cliente [en línea]. 2008. [Fecha de consulta: 15 de junio del 2023]. Disponible en: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidadeafit/article/view/154>
Con ISSN: 1727-9933

HUAMAN, Samuel; SANDOVAL, Sandy. Optimización de las líneas de espera en el proceso de atención al cliente del BCP Tarma, en el periodo 2014. Facultad de ciencias aplicadas. Huancayo, UNCP. 2017.

LAGOS, Dafne; MANCILLA, Rodrigo; & LEAL, Paola (2019). Comparación de las medidas de desempeño en colas no markovianas. Vol.19. Facultad de Ingeniería, Universidad de Zulia.

LEDESMA, Deysi (2018). Modelos de teorías de colas para el análisis en los tiempos de atención en parqueaderos de centros comerciales en la ciudad de Barranquilla. Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Industrial. Colombia: Universidad de la Costa.

LINARES, Josue; VIVALTA, Jose Y GARZA, Rosario (2019). Artículo “Teoría de colas aplicada a una Oficina Comercial de Telecomunicaciones” Ingeniería Industrial, I.S.P: J.A.E de Cujae. vol. XLI, núm. 2, e4118. LUDEÑA, José. Teoría de Colas. Enonomipedia, 2021.

LLANOS, Luis (2014). El tiempo de espera en la fila. In book: Atiéndeme por favor (pp.63 - 73). Chapter: 3 Editors: IMT, <https://www.researchgate.net/publication/320677151> [El Tiempo de Espera en la Fila](#)

MALCA, María (2021). Teoría De Colas para Disminuir Tiempos De Espera En El Área De Atención Al Cliente En La Empresa E.P.S. Sedacaj S.A. Tesis para optar el título de ingeniero Industrial. Perú: UPN.

PACHECO, Esteban. El tiempo de espera en la atención en salud, Diario El Peruano, 2018.

ROJAS, Diana y ALFONSO, Luis (2009). WINQSB. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Económicas. FO-13 V 1.0. Disponible en: <http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/co/>

TÁVARA, Elisa (2020). Propuesta de teoría de colas para reducir el tiempo de esperar al cliente de corporación Guerrero & Bazalar. Universidad Cesar Vallejo. Talara. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/47083>

TORRES, Laura. (2020). Aplicación de la teoría de colas en una central de servicios asistenciales para minimizar el tiempo de espera de los clientes en línea. Trabajo de Grado. UCC. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Industrial. Bogotá, Colombia.

VELÁSQUEZ, Gabriel. Modelos de Teorías de Colas. Universidad de Sevilla. Facultad de Matemáticas.p20,2018.

ANEXOS:

N°1: Matriz de operacionalización

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
INDEPENDIENTE TEORÍA DE COLAS	La teoría de colas estudia matemáticamente el modo de espera que tienen los clientes cuando hay demanda de un servicio. Una cola se forma cuando el servicio no es rápido por servidores que se encuentran ocupados, formando así que algunos clientes abandonen la espera (Ludeña, 2021).	El estudio matemático de la teoría de colas se ocupa principalmente de las medidas de desempeño de la cola.	Probabilidad de que el sistema esté vacío	$P_0 = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n$	RAZÓN
			Utilización promedio del sistema	$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \times 100$	RAZÓN
			Número promedio de clientes en el sistema	$L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$	RAZÓN
			Número promedio de clientes en cola	$Lq = \left(\frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}\right)$	RAZÓN
DEPENDIENTE TIEMPO DE ESPERA	El tiempo de espera se relaciona con el despacho o atención de clientes en un sistema de servicios cuenta con un principal indicador que calcula el tiempo correcto en base a la teoría de colas (Baten, 2014).	Se han utilizado para el análisis en un sistema de servicio, determinando el tiempo promedio de los clientes que están en fila y el tiempo de los clientes que pasan en el sistema.	Tiempo promedio de espera en la cola	$Wq = \frac{Lq}{\lambda}$	RAZÓN
			Tiempo promedio de espera en el sistema	$W = \frac{1}{\mu - \lambda}$	RAZÓN

Anexo 2. Cuadro de técnicas y recolección de datos

VARIABLE	TÉCNICA	INSTRUMENTO / HERRAMIENTAS
TEORÍA DE COLAS	Observación Directa Análisis de Datos Simulación de Datos	Registro de tiempos Microsoft Excel Software WINQSB
TIEMPO DE ESPERA	Observación Directa Análisis de Datos Simulación de Datos	Check List de Diagnóstico Inicial Registro de tiempos Microsoft Excel Software WINQSB

Anexo 3. Ckeck List para el Diagnóstico Inicial del servicio

Inspección en Área de Trabajo

Fecha: _____

Inspeccionado por: _____

PARÁMETRO	CRITERIOS A EVALUAR	VALORACIÓN				Total
		0	5	10	15	
MANO DE OBRA	Presión de trabajo					
	Poco personal de turno					
MÉTODO	Tráfico en salida y entrada de vehículos					
	Cuentan con dos servidores					
	Vehículos en la espera del servicio					
MEDIO AMBIENTE	Vehículos esparciendo polución					
MEDICIÓN	Capacidad limitada					
	Falta de medición de tiempos					
Frecuencia: Nunca (0) A veces (5) Casi siempre (10) Siempre (15)						

Anexo 6. Resultados del modelo M/M/2 (Antes) en SoftWare WINQBS

11-23-2023	Performance Measure	Result
1	System: M/M/2	From Simulation
2	Customer arrival rate (λ) per hour =	8,0000
3	Service rate per server (μ) per hour =	2,0000
4	Overall system effective arrival rate per hour =	8,8676
5	Overall system effective service rate per hour =	4,9818
6	Overall system utilization =	91,2483 %
7	Average number of customers in the system (L) =	14,8219
8	Average number of customers in the queue (Lq) =	12,9969
9	Average number of customers in the queue for a busy system (Lb) =	14,7167
10	Average time customer spends in the system (W) =	1,6545 hours
11	Average time customer spends in the queue (Wq) =	1,3004 hours
12	Average time customer spends in the queue for a busy system (Wb) =	1,4724 hours
13	The probability that all servers are idle (Po) =	5,8178 %
14	The probability an arriving customer waits (Pw) or system is busy (Pb) =	88,3144 %
15	Average number of customers being balked per hour =	0
16	Total cost of busy server per hour =	\$0
17	Total cost of idle server per hour =	\$0
18	Total cost of customer waiting per hour =	\$0
19	Total cost of customer being served per hour =	\$0
20	Total cost of customer being balked per hour =	\$0
21	Total queue space cost per hour =	\$0
22	Total system cost per hour =	\$0
23	Simulation time in hour =	10,0000
24	Starting data collection time in hour =	0
25	Number of observations collected =	50
26	Maximum number of customers in the queue =	37
27	Total simulation CPU time in second =	0,4520

Anexo 7. Resultados del SoftWare WINQSB con modelo alternativo M/M/4

11-24-2023	Performance Measure	Result
1	System: M/M/4	From Simulation
2	Customer arrival rate (λ) per hour =	8,0000
3	Service rate per server (μ) per hour =	2,0000
4	Overall system effective arrival rate per hour =	8,8797
5	Overall system effective service rate per hour =	6,7845
6	Overall system utilization =	84,6611 %
7	Average number of customers in the system (L) =	10,8113
8	Average number of customers in the queue (Lq) =	7,4248
9	Average number of customers in the queue for a busy system (Lb) =	9,8228
10	Average time customer spends in the system (W) =	1,0616 hours
11	Average time customer spends in the queue (Wq) =	0,6071 hours
12	Average time customer spends in the queue for a busy system (Wb) =	0,8032 hours
13	The probability that all servers are idle (Po) =	5,8257 %
14	The probability an arriving customer waits (Pw) or system is busy (Pb) =	75,5878 %
15	Average number of customers being balked per hour =	0
16	Total cost of busy server per hour =	\$0
17	Total cost of idle server per hour =	\$0
18	Total cost of customer waiting per hour =	\$0
19	Total cost of customer being served per hour =	\$0
20	Total cost of customer being balked per hour =	\$0
21	Total queue space cost per hour =	\$0
22	Total system cost per hour =	\$0
23	Simulation time in hour =	10,0000
24	Starting data collection time in hour =	0
25	Number of observations collected =	68
26	Maximum number of customers in the queue =	19
27	Total simulation CPU time in second =	0,5320

Anexo 8. Resultados del SoftWare WINQSB con modelo M/M/6 (Seleccionado)

11-24-2023	Performance Measure	Result
1	System: M/M/6	From Formula
2	Customer arrival rate (λ) per hour =	8,0000
3	Service rate per server (μ) per hour =	2,0000
4	Overall system effective arrival rate per hour =	8,0000
5	Overall system effective service rate per hour =	8,0000
6	Overall system utilization =	66,6667 %
7	Average number of customers in the system (L) =	4,5695
8	Average number of customers in the queue (Lq) =	0,5695
9	Average number of customers in the queue for a busy system (Lb) =	2,0000
10	Average time customer spends in the system (W) =	0,5712 hours
11	Average time customer spends in the queue (Wq) =	0,0712 hours
12	Average time customer spends in the queue for a busy system (Wb) =	0,2500 hours
13	The probability that all servers are idle (Po) =	1,6685 %
14	The probability an arriving customer waits (Pw) or system is busy (Pb) =	28,4761 %
15	Average number of customers being balked per hour =	0
16	Total cost of busy server per hour =	\$0
17	Total cost of idle server per hour =	\$0
18	Total cost of customer waiting per hour =	\$0
19	Total cost of customer being served per hour =	\$0
20	Total cost of customer being balked per hour =	\$0
21	Total queue space cost per hour =	\$0
22	Total system cost per hour =	\$0

Anexo 9. Registro de toma de Tiempos de Espera (Antes)

Toma de registro de tiempos			
Fecha:	07/08/2023		
Turno:	A (Diurno)		
N° Usuario	Tiempo de espera en Cola	Tiempo de servicio	Tiempo de permanencia en el sistema
1	0,45	0,38	0,83
2	0,49	0,33	0,82
3	0,56	0,39	0,95
4	0,43	0,42	0,85
5	0,6	0,37	0,97
6	0,46	0,38	0,84
7	0,64	0,34	0,98
8	0,65	0,39	1,04
9	0,64	0,4	1,04
10	0,62	0,38	1
11	0,63	0,33	0,96
12	0,59	0,39	0,98
13	0,63	0,42	1,05
14	0,66	0,37	1,03
15	0,58	0,38	0,96
Promedio	0,58	0,38	0,95
Turno:	B (Tarde)		
16	0,58	0,33	0,91
17	0,52	0,39	0,91
18	0,56	0,38	0,94
19	0,52	0,42	0,94
20	0,58	0,37	0,95
21	0,46	0,4	0,86
22	0,6	0,34	0,94
23	0,65	0,39	1,04
24	0,58	0,4	0,98
25	0,58	0,38	0,96
Promedio	0,56	0,38	0,94
Turno:	C (Nocturno)		
26	0,74	0,38	1,12
27	0,82	0,33	1,15
28	0,77	0,39	1,16
29	0,64	0,42	1,06
30	0,72	0,37	1,09
31	0,7	0,38	1,08
32	0,78	0,34	1,12

33	0,8	0,39	1,19
Promedio	0,75	0,38	1,12
Toma de registro de tiempos			
Fecha:	08/08/2023		
Turno:	A (Diurno)		
N° Usuario	Tiempo de espera en Cola	Tiempo de servicio	Tiempo de permanencia en el sistema
34	0,4	0,36	0,76
35	0,51	0,35	0,86
36	0,48	0,37	0,85
37	0,43	0,6	1,03
38	0,6	0,35	0,95
39	0,42	0,39	0,81
40	0,61	0,32	0,93
41	0,61	0,41	1,02
42	0,6	0,54	1,14
43	0,62	0,48	1,1
44	0,63	0,43	1,06
45	0,56	0,47	1,03
46	0,63	0,42	1,05
47	0,6	0,45	1,05
48	0,55	0,51	1,06
Promedio	0,55	0,43	0,98
Turno:	B (Tarde)		
49	0,53	0,45	0,98
50	0,58	0,42	1
51	0,66	0,42	1,08
52	0,55	0,43	0,98
53	0,58	0,45	1,03
54	0,62	0,39	1,01
55	0,6	0,44	1,04
56	0,65	0,46	1,11
57	0,58	0,4	0,98
58	0,6	0,47	1,07
Promedio	0,60	0,43	1,03
Turno:	C (Nocturno)		
59	0,71	0,44	1,15
60	0,73	0,42	1,15
61	0,62	0,48	1,1
62	0,6	0,41	1,01
63	0,52	0,42	0,94
64	0,71	0,45	1,16
65	0,77	0,44	1,21

66	0,79	0,38	1,17
Promedio	0,68	0,43	1,11
Toma de registro de tiempos			
Fecha:	09/08/2023		
Turno:	A (Diurno)		
N° Usuario	Tiempo de espera en Cola	Tiempo de servicio	Tiempo de permanencia en el sistema
67	0,33	0,42	0,75
68	0,51	0,37	0,88
69	0,48	0,35	0,83
70	0,43	0,42	0,85
71	0,46	0,38	0,84
72	0,42	0,41	0,83
73	0,61	0,4	1,01
74	0,47	0,43	0,9
75	0,47	0,38	0,85
76	0,44	0,36	0,8
77	0,42	0,46	0,88
78	0,42	0,36	0,78
79	0,42	0,47	0,89
80	0,39	0,34	0,73
81	0,4	0,39	0,79
Promedio	0,44	0,40	0,84
Turno:	B (Tarde)		
82	0,5	0,38	0,88
83	0,48	0,36	0,84
84	0,34	0,39	0,73
85	0,42	0,43	0,85
86	0,39	0,36	0,75
87	0,4	0,44	0,84
88	0,33	0,39	0,72
89	0,35	0,38	0,73
90	0,4	0,4	0,8
91	0,41	0,42	0,83
Promedio	0,40	0,40	0,80
Turno:	C (Nocturno)		
92	1,9	0,44	2,34
93	1,5	0,45	1,95
94	1,6	0,4	2
95	1,2	0,41	1,61
96	1,6	0,38	1,98
97	1,2	0,37	1,57
98	1,7	0,35	2,05

99	1,5	0,38	1,88
Promedio	1,5	0,40	1,92
Toma de registro de tiempos			
Fecha:	10/08/2023		
Turno:	A (Diurno)		
N° Usuario	Tiempo de espera en Cola	Tiempo de servicio	Tiempo de permanencia en el sistema
100	0,81	0,39	1,2
101	0,74	0,38	1,12
102	0,68	0,36	1,04
103	0,79	0,37	1,16
104	0,72	0,38	1,1
105	0,75	0,33	1,08
106	0,61	0,4	1,01
107	0,47	0,43	0,9
108	0,7	0,38	1,08
109	0,69	0,36	1,05
110	0,82	0,38	1,2
111	0,42	0,36	0,78
112	0,74	0,47	1,21
113	0,78	0,34	1,12
114	0,72	0,38	1,1
Promedio	0,70	0,38	1,08
Turno:	B (Tarde)		
115	0,5	0,34	0,84
116	0,48	0,41	0,89
117	0,34	0,36	0,7
118	0,42	0,4	0,82
119	0,39	0,32	0,71
120	0,4	0,41	0,81
121	0,33	0,39	0,72
122	0,35	0,38	0,73
123	0,4	0,4	0,8
124	0,41	0,42	0,83
Promedio	0,40	0,38	0,79
Turno:	C (Nocturno)		
125	0,71	0,33	1,04
126	0,73	0,45	1,18
127	0,62	0,4	1,02
128	0,6	0,41	1,01
129	0,52	0,38	0,9
130	0,71	0,37	1,08
131	0,77	0,35	1,12

132	0,79	0,38	1,17
Promedio	0,68	0,38	1,07
Toma de registro de tiempos			
Fecha:	11/08/2023		
Turno:	A (Diurno)		
N° Usuario	Tiempo de espera en Cola	Tiempo de servicio	Tiempo de permanencia en el sistema
133	0,48	0,42	0,9
134	0,51	0,37	0,88
135	0,67	0,56	1,23
136	0,63	0,42	1,05
137	0,66	0,38	1,04
138	0,65	0,41	1,06
139	0,61	0,4	1,01
140	0,68	0,43	1,11
141	0,7	0,38	1,08
142	0,69	0,5	1,19
143	0,68	0,46	1,14
144	0,55	0,36	0,91
145	0,42	0,47	0,89
146	0,75	0,56	1,31
147	0,69	0,39	1,08
Promedio	0,62	0,43	1,06
Turno:	B (Tarde)		
148	0,9	0,49	1,39
149	1,5	0,33	1,83
150	0,95	0,44	1,39
151	1,2	0,46	1,66
152	0,9	0,36	1,26
153	0,8	0,44	1,24
154	0,96	0,48	1,44
155	1,5	0,38	1,88
156	0,71	0,45	1,16
157	0,82	0,42	1,24
Promedio	1,02	0,43	1,45
Turno:	C (Nocturno)		
158	0,71	0,46	1,17
159	0,73	0,37	1,1
160	0,62	0,49	1,11
161	0,6	0,43	1,03
162	0,52	0,38	0,9
163	0,71	0,37	1,08
164	0,77	0,44	1,21

165	0,79	0,47	1,26
Promedio	0,68	0,43	1,11
Toma de registro de tiempos			
Fecha:	12/08/2023		
Turno:	A (Diurno)		
N° Usuario	Tiempo de espera en Cola	Tiempo de servicio	Tiempo de permanencia en el sistema
166	0,27	0,42	0,69
167	0,31	0,47	0,78
168	0,26	0,49	0,75
169	0,33	0,42	0,75
170	0,28	0,43	0,71
171	0,23	0,41	0,64
172	0,37	0,4	0,77
173	0,37	0,43	0,8
174	0,35	0,44	0,79
175	0,3	0,55	0,85
176	0,29	0,46	0,75
177	0,28	0,45	0,73
178	0,25	0,51	0,76
Promedio	0,30	0,45	0,75
Turno:	B (Tarde)		
179	1,5	0,42	1,92
180	0,95	0,47	1,42
181	1	0,49	1,49
182	0,42	0,42	0,84
183	0,65	0,43	1,08
184	1,2	0,41	1,61
185	0,98	0,4	1,38
186	0,96	0,43	1,39
187	0,9	0,44	1,34
188	1	0,55	1,55
Promedio	0,96	0,45	1,40
Turno:	C (Nocturno)		
189	0,4	0,41	0,81
190	0,52	0,4	0,92
191	0,36	0,43	0,79
192	0,47	0,42	0,89
193	0,38	0,55	0,93
194	0,41	0,46	0,87
195	0,44	0,45	0,89
196	0,65	0,51	1,16
Promedio	0,45	0,45	0,91

Anexo 10. Collage Antes de la aplicación de Teoría de Colas



Se observa en las imágenes el desorden o tráfico que se produce por la cantidad de vehículos de carga mayor entran y salen del patio de estacionamiento, también se observan tanto como turnos de día y de noche la cola que genera la espera de estos usuarios para ser atendidos y la cantidad de dos servidores con 4 trabajadores por turno.

Anexo 11. Registro de toma de Tiempos de Espera (Antes)

Toma de registro de tiempos			
Fecha:	02/010/2023		
Turno:	A (Diurno)		
N° Usuario	Tiempo de espera en Cola	Tiempo de servicio	Tiempo de permanencia en el sistema
1	0,09	0,38	0,47
2	0,08	0,33	0,41
3	0,1	0,39	0,49
4	0,07	0,42	0,49
5	0,03	0,37	0,4
6	0,1	0,38	0,48
7	0,07	0,34	0,41
8	0,05	0,39	0,44
9	0,08	0,4	0,48
10	0,1	0,38	0,48
11	0,09	0,33	0,42
12	0,08	0,39	0,47
13	0,08	0,42	0,5
14	0,02	0,37	0,39
15	0,12	0,38	0,5
Promedio	0,08	0,38	0,46
Turno:	B (Tarde)		
16	0,05	0,33	0,38
17	0,07	0,39	0,46
18	0,05	0,38	0,43
19	0,02	0,42	0,44
20	0	0,37	0,37
21	0,09	0,4	0,49
22	0,03	0,34	0,37
23	0,04	0,39	0,43
24	0,02	0,4	0,42
25	0,01	0,38	0,39
Promedio	0,04	0,38	0,42
Turno:	C (Nocturno)		
26	0,03	0,38	0,41
27	0,05	0,33	0,38
28	0,02	0,39	0,41
29	0,1	0,42	0,52
30	0,09	0,37	0,46
31	0,05	0,38	0,43
32	0,02	0,34	0,36

33	0,04	0,39	0,43
Promedio	0,05	0,38	0,43
Toma de registro de tiempos			
Fecha:	03/10/2023		
Turno:	A (Diurno)		
N° Usuario	Tiempo de espera en Cola	Tiempo de servicio	Tiempo de permanencia en el sistema
34	0,02	0,36	0,38
35	0,08	0,35	0,43
36	0,04	0,37	0,41
37	0,07	0,42	0,49
38	0,05	0,35	0,4
39	0,04	0,39	0,43
40	0,07	0,32	0,39
41	0,05	0,41	0,46
42	0,05	0,4	0,45
43	0,07	0,38	0,45
44	0,05	0,33	0,38
45	0,05	0,39	0,44
46	0,02	0,42	0,44
47	0,02	0,37	0,39
48	0,01	0,38	0,39
Promedio	0,05	0,38	0,42
Turno:	B (Tarde)		
49	0,04	0,45	0,49
50	0,07	0,42	0,49
51	0,03	0,42	0,45
52	0,07	0,43	0,5
53	0,07	0,45	0,52
54	0,05	0,39	0,44
55	0,08	0,44	0,52
56	0,07	0,46	0,53
57	0,05	0,4	0,45
58	0,05	0,47	0,52
Promedio	0,06	0,43	0,49
Turno:	C (Nocturno)		
59	0,05	0,44	0,49
60	0,04	0,42	0,46
61	0,07	0,48	0,55
62	0,05	0,41	0,46
63	0,08	0,42	0,5
64	0,07	0,48	0,55
65	0,09	0,45	0,54

66	0,08	0,38	0,46
Promedio	0,07	0,44	0,50
Toma de registro de tiempos			
Fecha:	04/10/2023		
Turno:	A (Diurno)		
N° Usuario	Tiempo de espera en Cola	Tiempo de servicio	Tiempo de permanencia en el sistema
67	0,08	0,42	0,5
68	0,04	0,37	0,41
69	0,07	0,35	0,42
70	0,2	0,42	0,62
71	0,17	0,38	0,55
72	0,12	0,41	0,53
73	0,05	0,4	0,45
74	0,17	0,43	0,6
75	0,14	0,38	0,52
76	0,05	0,36	0,41
77	0,11	0,46	0,57
78	0,14	0,36	0,5
79	0,11	0,47	0,58
80	0,08	0,34	0,42
81	0,12	0,39	0,51
Promedio	0,11	0,40	0,51
Turno:	B (Tarde)		
82	0,07	0,38	0,45
83	0,05	0,36	0,41
84	0,04	0,39	0,43
85	0,07	0,43	0,5
86	0,05	0,36	0,41
87	0,16	0,44	0,6
88	0,08	0,39	0,47
89	0,04	0,38	0,42
90	0,1	0,4	0,5
91	0,03	0,42	0,45
Promedio	0,08	0,40	0,46
Turno:	C (Nocturno)		
92	0,08	0,44	0,52
93	0,09	0,45	0,54
94	0,05	0,4	0,45
95	0,08	0,41	0,49
96	0,12	0,38	0,5
97	0,04	0,37	0,41
98	0,1	0,35	0,45

99	0,15	0,38	0,53
Promedio	0,09	0,40	0,49
Toma de registro de tiempos			
Fecha:	05/10/2023		
Turno:	A (Diurno)		
N° Usuario	Tiempo de espera en Cola	Tiempo de servicio	Tiempo de permanencia en el sistema
100	0,08	0,39	0,47
101	0,04	0,38	0,42
102	0,07	0,36	0,43
103	0,06	0,37	0,43
104	0,04	0,38	0,42
105	0,07	0,33	0,4
106	0,05	0,4	0,45
107	0,08	0,43	0,51
108	0,07	0,38	0,45
109	0,14	0,36	0,5
110	0,08	0,38	0,46
111	0,05	0,36	0,41
112	0,08	0,47	0,55
113	0,07	0,34	0,41
114	0,08	0,38	0,46
Promedio	0,07	0,38	0,45
Turno:	B (Tarde)		
115	0,05	0,34	0,39
116	0,05	0,41	0,46
117	0,04	0,36	0,4
118	0,07	0,4	0,47
119	0,05	0,32	0,37
120	0	0,41	0,41
121	0,02	0,39	0,41
122	0,04	0,38	0,42
123	0,07	0,4	0,47
124	0,03	0,42	0,45
Promedio	0,04	0,38	0,43
Turno:	C (Nocturno)		
125	0,04	0,33	0,37
126	0,07	0,45	0,52
127	0,09	0,4	0,49
128	0,05	0,41	0,46
129	0,08	0,38	0,46
130	0,04	0,37	0,41
131	0,07	0,35	0,42

132	0,03	0,38	0,41
Promedio	0,08	0,38	0,44
Toma de registro de tiempos			
Fecha:	06/10/2023		
Turno:	A (Diurno)		
N° Usuario	Tiempo de espera en Cola	Tiempo de servicio	Tiempo de permanencia en el sistema
133	0,08	0,42	0,5
134	0,03	0,37	0,4
135	0,07	0,56	0,63
136	0,03	0,42	0,45
137	0,04	0,38	0,42
138	0,07	0,41	0,48
139	0,05	0,4	0,45
140	0,02	0,43	0,45
141	0,07	0,38	0,45
142	0,14	0,5	0,64
143	0,05	0,46	0,51
144	0,08	0,36	0,44
145	0,07	0,47	0,54
146	0,14	0,56	0,7
147	0,03	0,39	0,42
Promedio	0,06	0,43	0,50
Turno:	B (Tarde)		
148	0,03	0,49	0,52
149	0,04	0,33	0,37
150	0,07	0,44	0,51
151	0,05	0,46	0,51
152	0,08	0,36	0,44
153	0,03	0,44	0,47
154	0,02	0,48	0,5
155	0	0,38	0,38
156	0,05	0,45	0,5
157	0,08	0,42	0,5
Promedio	0,05	0,43	0,47
Turno:	C (Nocturno)		
158	0,04	0,46	0,5
159	0,07	0,37	0,44
160	0,05	0,49	0,54
161	0,02	0,43	0,45
162	0,12	0,38	0,5
163	0,04	0,37	0,41
164	0,07	0,44	0,51

165	0,08	0,47	0,55
Promedio	0,08	0,43	0,49
Toma de registro de tiempos			
Fecha:	07/10/2023		
Turno:	A (Diurno)		
N° Usuario	Tiempo de espera en Cola	Tiempo de servicio	Tiempo de permanencia en el sistema
166	0,08	0,42	0,5
167	0,04	0,47	0,51
168	0,07	0,49	0,56
169	0,1	0,42	0,52
170	0,04	0,43	0,47
171	0,07	0,41	0,48
172	0,05	0,4	0,45
173	0,08	0,43	0,51
174	0,07	0,44	0,51
175	0,1	0,55	0,65
176	0,02	0,46	0,48
177	0,08	0,45	0,53
178	0,04	0,51	0,55
Promedio	0,10	0,45	0,52
Turno:	B (Tarde)		
179	0,03	0,42	0,45
180	0,04	0,47	0,51
181	0,07	0,49	0,56
182	0,05	0,42	0,47
183	0,04	0,43	0,47
184	0,02	0,41	0,43
185	0,01	0,4	0,41
186	0,02	0,43	0,45
187	0,08	0,44	0,52
188	0,04	0,55	0,59
Promedio	0,04	0,45	0,49
Turno:	C (Nocturno)		
189	0,04	0,41	0,45
190	0,07	0,4	0,47
191	0,05	0,43	0,48
192	0,02	0,42	0,44
193	0,08	0,55	0,63
194	0,04	0,46	0,5
195	0,07	0,45	0,52
196	0,03	0,51	0,54
Promedio	0,08	0,45	0,50

Anexo 11. Collage después de la aplicación de la teoría de Colas



Como se observa en las imágenes se mantiene un orden en el ingreso y salida de vehículos pasando de manera ordenada, también en el incremento del número de 6 servidores el sistema se mantiene sin cola solo están presente los usuarios que se encuentran recibiendo el servicio y los trabajadores aumentan a 8 por turno ayudándose mutuamente en realizar el servicio sin ninguna presión.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE SE INGRESARÁN LOS DATOS DE TIEMPOS EN COLA Y EN EL SISTEMA DEL SERVICIO

N°	VARIABLES – DIMENSION - INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: Teoría de Colas	Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1: Probabilidad de que el sistema esté vacío							
1	Indicador: $P_0 = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n$	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 2: Utilización promedio del sistema	Si	No	Si	No	Si	No	
2	Indicador: $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 3: Número promedio de clientes en el sistema	Si	No	Si	No	Si	No	
3	Indicador: $L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 4: Número promedio de clientes en cola	Si	No	Si	No	Si	No	
4	Indicador: $Lq = \left(\frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}\right)$	✓		✓		✓		
	VARIABLE DEPENDIENTE: Tiempo de espera	Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1: Tiempo promedio de espera en la cola							
5	Indicador: $Wq = \frac{Lq}{\lambda}$	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 2: Tiempo promedio de espera en el sistema	Si	No	Si	No	Si	No	
6	Indicador: $W = \frac{1}{\mu - \lambda}$	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [✓] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Junio 2023

Apellidos y nombres del juez validador: Dc. Hugo Daniel García Juárez
DNI: 41947380

Especialidad del validador: Docente & Dc. Ingeniero Industrial

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo


 Hugo Daniel García Juárez
 INGENIERO INDUSTRIAL
 CIP 110495

Firma del Experto Informante

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE SE
INGRESARÁN LOS DATOS DE TIEMPOS EN COLA Y EN EL SISTEMA DEL SERVICIO**

N°	VARIABLES – DIMENSION - INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: Teoría de Colas	Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1: Probabilidad de que el sistema esté vacío							
1	Indicador: $P_0 = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n$	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 2: Utilización promedio del sistema	Si	No	Si	No	Si	No	
2	Indicador: $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 3: Número promedio de clientes en el sistema	Si	No	Si	No	Si	No	
3	Indicador: $L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 4: Número promedio de clientes en cola	Si	No	Si	No	Si	No	
4	Indicador: $Lq = \left(\frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}\right)$	✓		✓		✓		
	VARIABLE DEPENDIENTE: Tiempo de espera	Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1: Tiempo promedio de espera en la cola							
5	Indicador: $Wq = \frac{Lq}{\lambda}$	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 2: Tiempo promedio de espera en el sistema	Si	No	Si	No	Si	No	
6	Indicador: $W = \frac{1}{\mu - \lambda}$	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [✓] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador: Mg. Marco Antonio Barrientos Ynfante

DNI: 44185249

Junio 2023

Especialidad del validador: Docente e Ingeniero de Sistemas

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo



Firma del Experto Informante

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE SE
INGRESARÁN LOS DATOS DE TIEMPOS EN COLA Y EN EL SISTEMA DEL SERVICIO**

N°	VARIABLES – DIMENSION - INDICADORES	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	VARIABLE INDEPENDIENTE: Teoría de Colas	Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1: Probabilidad de que el sistema esté vacío							
1	Indicador: $P_0 = \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right) \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n$	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 2: Utilización promedio del sistema	Si	No	Si	No	Si	No	
2	Indicador: $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 3: Número promedio de clientes en el sistema	Si	No	Si	No	Si	No	
3	Indicador: $L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 4: Número promedio de clientes en cola	Si	No	Si	No	Si	No	
4	Indicador: $Lq = \left(\frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}\right)$	✓		✓		✓		
	VARIABLE DEPENDIENTE: Tiempo de espera	Si	No	Si	No	Si	No	
	DIMENSIÓN 1: Tiempo promedio de espera en la cola							
5	Indicador: $Wq = \frac{Lq}{\lambda}$	✓		✓		✓		
	DIMENSIÓN 2: Tiempo promedio de espera en el sistema	Si	No	Si	No	Si	No	
6	Indicador: $W = \frac{1}{\mu - \lambda}$	✓		✓		✓		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Hay suficiencia

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [✓] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Apellidos y nombres del juez validador: Mg. Carlos Enrique Mendoza Ocaña

DNI: 17806063

Julio 2023

Especialidad del validador: Docente e Ingeniero Industrial

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo



Carlos Mendoza Ocaña
ING. INDUSTRIAL
R. GIP, #1807

Anexo 11. Autorización de la empresa

AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA

Con la firma del presente documento se da la autorización al tesista, DAVAN ABANTO MELINA YULEYSI identificado con DNI N°70693051, estudiante de la escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Cesar Vallejo Filial Chepén, para el desarrollo del proyecto titulado "Teoría de Colas para reducir el tiempo de espera del servicio de encarpado de la empresa Innovek S.A.C, Pacasmayo 2023" Siendo conveniente la realización de este documento para mejora y conformidad del expuesto de la presente tesis.

Pacasmayo, 30 de junio del 2023



Víctor Andrés Chávez Matallana
Gerente
Innovek S.A.C

Víctor Chávez Mátallana
Gerente General

DNI: 19238852



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, FLORES SANCHEZ CARLA MERCY, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHEPEN, asesor de Tesis titulada: "Teoría de Colas para reducir el tiempo de espera en el servicio de encarpado de la empresa Innovek S.A.C, Pacasmayo 2023", cuyo autor es DAVAN ABANTO MELINA YULEYSI, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHEPÉN, 27 de Noviembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
FLORES SÁNCHEZ CARLA MERCY DNI: 43388897 ORCID: 0000-0003-2331-3571	Firmado electrónicamente por: CFLORESSA01 el 02-12-2023 23:47:11

Código documento Trilce: TRI - 0667402